

P 5268 PCT  
03.02.2004 My/Id/RI

10/538588

JC20 Rec'd PCT/PTO 1 5 JUN 2005

2/pts

TESAT SPACECOM; 71522 Backnang

Anordnung für Eingangsmultiplexer

Zusammenfassung

Es wird ein Eingangsmultiplexer vorgeschlagen, bei dem hochkreisige Bandpassfilter mittels einer verlustarmen Sammelschiene 1 aus Leitungsstücken optimierter Länge zu einem IMUX verbunden werden.

### Anordnung für Eingangsmultiplexer

Die Erfindung geht aus von einem Eingangsmultiplexer (IMUX) nach der Gattung des Hauptanspruchs. Dieser Eingangsmultiplexer spaltet ein bereites Frequenzband in eine Reihe schmälerer Frequenzbänder auf. Dies erfolgt durch eine Filterung jedes Frequenzkanals mit einem Bandpassfilter. Die Filter haben jeweils einen Ein- und Ausgang und müssen geeignet miteinander verbunden werden.

### Stand der Technik

Die Bandpassfilter müssten strenge Anordnungen bezüglich sowohl Amplituden- als auch Phasengang erfüllen. Innerhalb des Durchlassbands des Bandpassfilters ist die Variation in der Phase bzw. Laufzeit zu minimieren, und gleichzeitig müssen die Filter eine hohe Außenbanddämpfung aufweisen. Diese Außenbanddämpfung wird erreicht, in dem Nullstellen der Transmissionsfunktion auf der imaginären Frequenzachse nahe des Durchlassbands gelegt werden. Zusätzliche Maßnahmen sind erforderlich, um die Forderung nach geringer Variation der Gruppenlaufzeit im Durchlassband einzuhalten, hierfür sind im wesentlichen drei verschiedene Ausbildungen Stand der Technik.

In einer ersten Ausbildung ist der Filter selbst minimalphasig, d.h. es hat außer den bereits erwähnten Nullstellen keinerlei weitere Nullstellen in der Transmissionsfunktion, und zusätzlich hat der Filter einen externen Laufzeitentzerrer. Häufig hat der Bandpassfilter die Kreiszahl 8 und der Entzerrer die Kreiszahl 2.

In einer weiteren Ausbildung ist der Filter selbstentzerrend, d. h. dass der Bandpassfilter neben den erwähnten Nullstellen der Transmissionsfunktion noch weitere hat, und zwar solche mit endlichem Realteil, der Filter hat hierbei häufig die Kreiszahl 10 oder 12, wie beispielsweise aus der US 5,608,363 speziell für die Realisierung in der dielektrischen Technologie bekannt.

Bei der dritten Ausbildung ist der Bandpassfilter selbst ebenfalls selbstentzerrend wie eben beschrieben; zusätzlich ist jedoch ein externer Laufzeitentzerrer angefügt. Hierbei hat der Filter häufig die Kreiszahl 10 oder 12 und der Entzerrer die Kreiszahl 1 oder 2. Eine solche Ausbildung wird beispielsweise in der US 5,739,733 beschrieben, bei der die elektrischen Eigenschaften des selbstentzerrenden Filters durch zusätzlich externe Laufzeitentzerrer verbessert werden, indem er die Schräglage in der Gruppenlaufzeit ausgleicht.

Die Anordnung, mit der die Bandpassfilter miteinander verkoppelt werden, besteht häufig darin, dass zuerst der Signaleingang mittels eines Hybridkopplers oder eines Leistungsteilers in zwei gleiche Anteile aufgespaltet wird, also jeder Anteil noch mit dem halben Signalpegel beaufschlagt ist. Jeder der beiden Signalpfade wird weiterverarbeitet, indem das Signal je über eine Zirkulatorkette an die Bandpassfilter geführt wird. Ist dabei die Anzahl der Bandpassfilter gleich  $n$  und sind die Bandpassfilter in aufsteigender Reihenfolge ihrer Mittenfrequenz durchnummeriert mit 1, 2, 3, ...  $n$ , so verbindet jeder der beiden Zirkulatorketten die jeweils übernächsten Nachbarn, das heißt, die eine Zirkulatorkette verbindet die Bandpassfilter 1, 3, 5, ... $n-1$ , und die andere Zirkulatorkette die Bandpassfilter 2, 4, 6, ... $n$  (falls  $n$  gerade; falls  $n$

ungerade enthalten die beiden Zirkulatorketten die Bandpassfilter 1, 3, ..., n bzw. 2, 4, ..., n-1). Eine solche Anordnung heißt non-contiguous, da jede Zirkulatorkette nur Bandpassfilter verkoppelt, die mit ihren Bandgrenzen im Frequenzraum nicht unmittelbar nebeneinander liegen.

Nachteilig bei diesen Anordnungen ist, dass Zirkulatoren ihre elektrischen Eigenschaften als Funktion der Temperatur ändern, und in der Gesamtanordnung wird der Zirkulator oft das beschränkende Element für den Temperaturbereich, in dem die Gesamtanordnung noch die geforderten Eigenschaften aufweist. Das Hochfrequenzsignal erfährt beim Durchgang durch einen Zirkulator beträchtliche Hochfrequenzverluste. Zudem sind die einzelnen Signalausgänge bei einem IMUX mit Zirkulatorkette unterschiedlich bedämpft, da das Signal vor Passieren der Bandpassfilter eine unterschiedliche Anzahl von Zirkulatordurchläufen erfahren hat. Dieser Effekt ist unerwünscht. Zirkulatoren enthalten weiterhin magnetische und ferritische Materialien, die eine beträchtliche Dichte haben, weshalb Zirkulatoren einen erheblichen Beitrag zur Gesamtmasse des IMUX liefern. Außerdem werden diese magnetischen und ferritischen Materialien nur in den Zirkulatoren genutzt, sie erfordern Aufbau- und Verbindungstechniken, die ebenfalls nur im Zirkulator zum Einsatz kommen. Damit ist ein erheblicher Aufwand beim Zusammenbau und beim Test erforderlich. Zudem wird die Zuverlässigkeit der Gesamtordnung von den Zirkulatoren beeinträchtigt und sie tragen erheblich zum Preis des Imux bei.

Gebräuchlich sind auch Anordnungen, bei denen durch Hybridkoppler oder Leistungsteiler der Signaleingang nicht nur in zwei, sondern mehr Zweige aufgespalten wird, die dann jeweils wieder

in Zirkulatorketten münden. Schließlich ist es auch möglich, die Aufteilung des Signaleingangs in die Bandpassfilter ausschließlich durch Hybridkoppler oder Leistungsteiler vorzunehmen. Diese verursachen eine nachteilige Signaldämpfung von 3dB und haben zusätzlich nachteilige Masse und Volumen.

Die seither beschriebenen Anordnungen zur Verkopplung der Bandpassfilter werden im Gerät IMUX genutzt. Zum Verständnis der Erfindung muss aber auch ein weiteres Gerät beachtet werden, der OMUX. Dieser ist ähnlich dem IMUX, indem er nicht ein breites Frequenzband in eine Reihe schmalerer Frequenzkanäle zusammenführt, sondern indem er umgekehrt eine Reihe schmalerer Frequenzkanäle in ein breites Frequenzband zusammenfasst. Er ist aber deutlich verschieden vom IMUX, da er Signale sehr viel höherer Leistung verarbeiten muss (im OMUX rund 100 W pro Frequenzkanal, im IMUX rund 1 mW pro Frequenzkanal) und deshalb die Minimierung von Verlusten oberstes Entwurfsziel ist. Einfacher beim OMUX im Vergleich zum IMUX ist, dass die einzelnen Bandpassfilter nur weniger strengen Anforderungen genügen müssen, die im allgemeinen mit Filtern niedriger Kreiszahl (4 oder 5) eingehalten werden können; insbesondere müssen i.d.R. keine Maßnahmen getroffen werden, um einen flachen Verlauf der Gruppenlaufzeit innerhalb des Durchlassbands zu erreichen. Zur Erreichung von niedrigen Verlusten werden beim OMUX die einzelnen Bandpassfilter mit einer Sammelschiene kombiniert, wie in der US 4,614,920 beschrieben. Diese besteht ausschließlich aus Leistungsstücken geeigneter Länge und weist deshalb nur sehr niedrige Verluste auf. Die Sammelschiene kombiniert Bandpassfilter, die im Frequenzraum unmittelbar benachbart sind, weshalb die Anordnung contiguous heißt.

### Die Erfindung und ihre Vorteile

Der erfindungsgemäße Eingangsmultiplexer mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass hochkreisige Bandpassfilter, die gleichzeitig strengen Anforderungen an die Flankensteilheit und an geringe Variation der Gruppenlaufzeit innerhalb des Durchlassbands genügen, mittels einer verlustarmen Sammelschiene bestehend ausschließlich aus Leistungsstücken optimierter Länge zu einem IMUX verbunden werden. Dabei haben die Bandpassfilter Nullstellen in der Transmissionsfunktion auf der imaginären Frequenzachse nahe des Durchlassbands zur Verbesserung der Flankensteilheit, und zusätzlich zur Laufzeitentzerrung entweder einen externen Laufzeitentzerrer oder weitere Nullstellen in der Transmissionsfunktion mit endlichem Realteil oder eine Kombination hiervon

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verbindet die Sammelschiene Bandpassfilter, die im Frequenzraum nicht unmittelbar benachbart sind (non-contiguous).

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verbindet die Sammelschiene Bandpassfilter, die im Frequenzraum unmittelbar benachbart sind (contiguous).

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Erfindung in beiden Ausgestaltungen in verschiedenen Technologien realisiert. Insbesondere sind dies die Hohlleitertechnik, koaxiale Technik, dielektrische Technik und planare Technik, letztere insbesondere in Verbindung mit supraleitenden Materialien. Die

einzelnen Bandpassfilter und die Sammelschienen können in unterschiedlichen Technologien realisiert sein.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird in beiden Ausgestaltungen die Geometrie combline oder heringbone realisiert, d. h. die Bandpassfilter sind alle auf einer Seite der Sammelschiene montiert oder je zur Hälfte auf einer und auf der gegenüberliegenden Seite, damit je nach konkreter Anwendung der zur Verfügung stehende Platz optimal genutzt wird.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden in beiden Ausgestaltungen die Bandpassfilter im single mode, dual mode, triple mode oder quadrupel mode betrieben. Beliebige Kombinationen hiervon sind möglich.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Filter betreffend ihrer Mittenfrequenz in beliebiger Reihenfolge mit der Sammelschiene verbunden.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält die Anordnung Vorrichtungen zum Abgleich der Filter und/oder der Sammelschiene.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung, der Zeichnung und den Ansprüchen entnehmbar.

### Zeichnung

Fig. 1 zeigt hochkreisige IMUX-Filter, die über zwei Sammelschienen verbunden sind, mit einem Hybridkoppler.

Fig. 2 zeigt hochkreisige IMUX-Filter, die mit einer verlustarmen Sammelschiene verbunden sind.

### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Wie in Fig. 1 dargestellt, gibt es eine verlustarme Sammelschiene 1, die die Bandpassfilter 1, 3, ...,  $(n-1)$  verbindet, und eine weitere für die restlichen Filter 2, 4, ...,  $n$ . Die hochkreisigen IMUX-Bandpassfilter sind über diese beiden Sammelschienen 1 je non-contiguous verbunden, die beiden Sammelschienen werden über einen Hybridkoppler 2 zum Gesamtgerät IMUX verbunden. Unten angrenzend ist die identische Hälfte für  $f_2, f_4, \dots, f_n$  denkbar.

Wie in Fig. 2 dargestellt, verbindet die verlustarme Sammelschiene 1 die im Frequenzraum unmittelbar benachbart liegenden hochkreisigen IMUX-Bandpassfilter 1, 2, ...,  $n$  miteinander.

Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.



## Anordnung für Eingangsmultiplexer

### Ansprüche

1. Eingangsmultiplexer (IMUX) zur Aufspaltung eines breiten Frequenzbandes in eine Reihe schmalerer Frequenzkanäle mittels eines Bandpassfilters je Frequenzkanal, jeder Filter mit einem Eingang und einem Ausgang, dadurch gekennzeichnet, dass hochkreisige Bandpassfilter mit einer Kreiszahl  $>6$  und mit Nullstellen in der Transmissionsfunktion auf der imaginären Frequenzachse nahe des Durchlassbands zur Verbesserung der Flankensteilheit und geringer Variation der Gruppenlaufzeit innerhalb des Durchlassbands, erzielt durch einen externen Laufzeitentzerrer oder weiteren Nullstellen in der Transmissionsfunktion mit endlichem Realteil oder eine Kombination hiervon haben, mit jedem dieser Eingänge an eine verlustarme Sammelschiene (1), die aus Leitungsstücken optimierter Länge besteht, gekoppelt sind.
2. Eingangsmultiplexer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sammelschiene (1) Bandpassfilter non-contiguous verbindet.
3. Eingangsmultiplexer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sammelschiene (1) Bandpassfilter continuous verbindet.

4. Eingangsmultiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Bandpassfilter und die Sammelschiene (1) in der Hohlleitertechnik, koaxialen Technik, dielektrischen Technik und/oder der planaren Technik ausgebildet sind.
5. Eingangsmultiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Geometrie der verlustarmen Sammelschiene (1) combline oder heringbone sind.
6. Eingangsmultiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Bandpassfilter aus Resonatoren im single mode, dual mode, triple mode und/oder im quadrupel mode bestehen.
7. Eingangsmultiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Filter betreffend ihrer Mittenfrequenz in beliebiger Reihenfolge mit der Sammelschiene (1) verbunden sind.
8. Eingangsmultiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Vorrichtungen zum Abgleich der Bandpassfilter und/oder der Sammelschiene vorhanden sind.

9. Multiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die einzelnen Multiplexer über Hybridkoppler und/oder  
Leistungsteiler verbunden sind.
10. Multiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Gesamtanordnung der Multiplexer alle Kanäle eines  
IMUX abdeckt.
11. Multiplexer nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Filterfunktionen symmetrisch oder asymmetrisch  
sind.